

# **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ЛОПАТКИ ТУРБИНЫ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Леушка М.А.

Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им.

А.Н.Туполева, г. Казань, Россия

E-mail: [marina-leushka@mail.ru](mailto:marina-leushka@mail.ru)

## **THE RESEARCH OF GAS TURBINE ENGINE IMPULSE BLADE STRUCTURE CONDITION**

Leushka M.A.

Kazan National Research Technical University named after A. Tupolev, Kazan, Russia

Annotation. The research of impulse blade surface from gas turbine engine being out of service owing to heightened vibration is represented. The article contains failure analysis, crack growth and substrate surface pictures.

На сегодняшний день газотурбинные двигатели применяются в авиации (двигатели самолётов, вертолетов, крылатых ракет, беспилотных ЛА), в энергетике (в качестве механических и энергетических приводов), в морских условиях (в качестве привода двигателей морских судов, на морских платформах добычи нефти и газа).[1] Рабочая лопатка I ступени турбины ГТД, представляющая из себя никелевую подложку, на которую нанесено покрытие СДП-1, металлический подслои Ambry 995С и керамический слой Metco 204NS, имеет дефект после наработки 760 часов – трещину. Поставлена технологическая задача изучить дефект и выяснить причину выхода из строя турбины.

Выполнены следующие работы: визуальный осмотр; микроисследование структурного состояния; замер толщины слоев покрытия. Для исследования структурного состояния были использованы оптический микроскоп Epiquant при увеличении x500 и растровый электронный микроскоп JSV6460LV при увеличении x10000 до и после травления в реактиве 3-х кислот. Образцы для исследования вырезаны из замка и из прибандажной зоны пера (сечение А3) вблизи входной кромки перпендикулярно направлению литья. Характерные фотографии микроструктуры приведены на рисунке 1.

Усталостное разрушение вызвано высокой вибрационной нагруженностью лопаток. Высокая напряжённость лопаток была обусловлена износом бандажной полки и наличием трещин на входной кромке пера производственного происхождения.

Основной металл – это литейный жаропрочный сплав с монокристаллической структурой. Для производства высококачественных лопаток нужно использовать для их отливки сплавы с ультранизким содержанием в них вредных примесей, в частности азота. Это обусловлено тем, что образующиеся с участием

этого элемента соединения-нитриды, карбонитриды-выделяются внутри монокристалла и являются концентраторами напряжений, инициирующих зарождение трещин. Азот попадает в металл на стадии литья. Для жаропрочного сплава монокристалльного литья ЖС-30В основным источником попадания в металл азота являются легирующие элементы, суммарно около 0,005%. Для получения совершенных монокристаллов необходимо обеспечить ультравысокую чистоту сплава по примесным элементам [2].

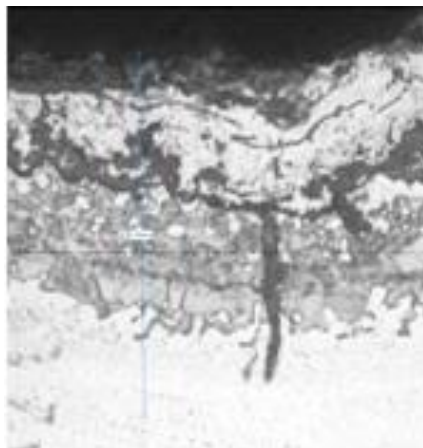


Рис. 1. Микроструктура лопатки.

1. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. М., Машиностроение, 2008, 201 с.
2. Азот в монокристаллических жаропрочных сплавах/Д. Е. Каблов, В. В. Сидоров. – М.:«Наука и образование», 2012. - №2.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТСТАИВАНИЯ РАСПЛАВА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЕЧИ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Колмачихин Б.В.<sup>\*</sup>, Жуков В.П.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [b.v.kolmachikhin@urfu.ru](mailto:b.v.kolmachikhin@urfu.ru)

## **THE STUDY OF MELT SETTLING PROCESS IN A VERTICAL FURNACE USING THE COLD MODELLING METHOD**

Kolmachikhin B.V.<sup>\*</sup>, Zhukov V.P.

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Melt settling is a limiting stage in top-submerged lance furnaces operation. The cold modelling method was used for determination of the optimal blowing parameters. Mixed model liquids samples were centrifuged after sampling from different heights of furnace model bath.